

РСТ

ВСЕМИРНАЯ ОРГАНИЗАЦИЯ
ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ
Международное бюро

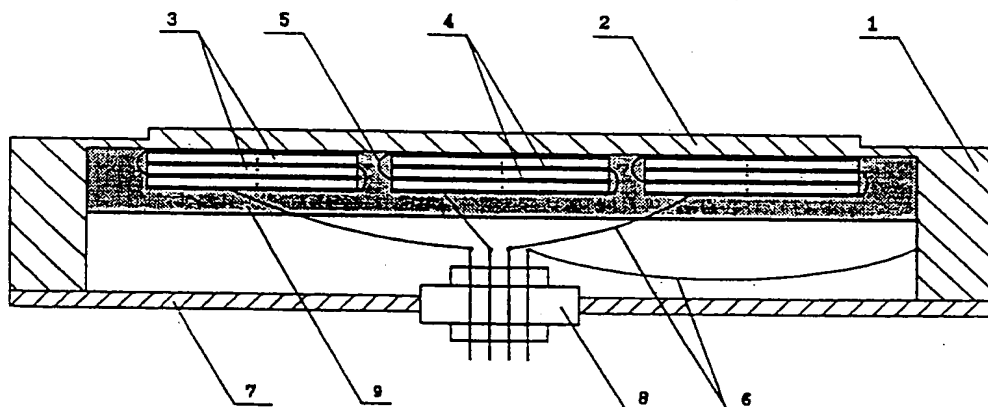


МЕЖДУНАРОДНАЯ ЗАЯВКА, ОПУБЛИКОВАННАЯ В СООТВЕТСТВИИ
С ДОГОВОРом О ПАТЕНТНОЙ КООПЕРАЦИИ (РСТ)

(51) Международная классификация изобретения ⁶ : G02B 5/10	A1	(11) Номер международной публикации: WO 97/09642 (43) Дата международной публикации: 13 марта 1997 (13.03.97)
<p>(21) Номер международной заявки: PCT/RU96/00114</p> <p>(22) Дата международной подачи: 6 мая 1996 (06.05.96)</p> <p>(30) Данные о приоритете: 96104503 19 марта 1996 (19.03.96) RU</p> <p>(71) Заявитель (для всех указанных государств, кроме US): ЙЕЛСТАУН КОРПОРЕЙШН Н.В. [NL/NL]; de Ruyterkade 58A, Curacao (NL) (YALESTOWN CORPORATION N.V., Curacao (NL)).</p> <p>(72) Изобретатель; и</p> <p>(75) Изобретатель / Заявитель (только для US): САФРОНОВ Андрей Геннадьевич [RU/RU]; 141070 Калининград, Московской обл., ул. Кирова, д. 6а, кв. 85 (RU) (SAFRONOV, Andrei Gennadievich, Kaliningrad (RU)).</p>	<p>(74) Агент: МОРАВСКИЙ Александр Владимирович; 113556 Москва, ул. Болотниковская, д. 10а, кв. 101 (RU) (MORAVSKY, Alexandr Vladimirovich, Moscow (RU)).</p> <p>(81) Указанные государства: AL, AM, AT, AU, AZ, BB, BG, BR, BY, CA, CH, CN, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, GB, GE, HU, IS, JP, KE, KG, KP, KR, KZ, LK, LR, LS, LT, LU, LV, MD, MG, MK, MN, MW, MX, NO, NZ, PL, PT, RO, RU, SD, SE, SG, SI, SK, TJ, TM, TR, TT, UA, UG, US, UZ, VN, евразийский патент (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), европейский патент (AT, BE, CH, DE, DK, ES, FI, FR, GB, GR, IE, IT, LU, MC, NL, PT, SE), патент АРИПО (KE, LS, MW, SD, SZ, UG), патент ОАПИ (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, ML, MR, NE, SN, TD, TG).</p> <p>Опубликована С отчетом о международном поиске. До истечения срока для изменения формулы изобретения и с повторной публикацией в случае получения изменений. До истечения срока, упоминаемого в статье 21(2)(а), по просьбе заявителя.</p>	

(54) Title: MOSAIC ADAPTIVE BIMORPH MIRROR

(54) Название изобретения: МОЗАИЧНОЕ АДАПТИВНОЕ БИМОРФНОЕ ЗЕРКАЛО



(57) Abstract

The invention pertains to the field of adaptive optics and can be used for the static and dynamic guidance of a wave front in a variety of optical devices and systems including astronomical telescopes, industrial laser systems and optical guidance and tracking systems. In the proposed mosaic adaptive bimorph mirror, multilayered local bimorph structures in the form of piezoelectric elements are used to deform the reflecting surface. The piezoelectric elements in question each comprise at least two piezo-ceramic plates (4) fixed on the bottom of a housing (1) the interior cavity of which is filled with an elastic sealant.

Изобретение относится к управляемой оптике и может быть использовано для статического и динамического управления волновым фронтом излучения в различных оптических приборах и системах, включая астрономические телескопы, промышленную лазерную технику, а также оптические системы наведения и сопровождения. В мозаичном адаптивном биморфном зеркале для деформаций отражающей поверхности использованы многослойные локальные биморфные структуры в виде пьезоэлектрических элементов, состоящих по крайней мере из двух пьезокерамических пластин (4), закрепленных на днище стакана-корпуса (1), внутренняя полость которого заполнена эластичным герметиком (9). 3 з. п. формулы. 2 ил.

ИСКЛЮЧИТЕЛЬНО ДЛЯ ЦЕЛЕЙ ИНФОРМАЦИИ

Коды, используемые для обозначения стран-членов РСТ на титульных листах брошюр, в которых публикуются международные заявки в соответствии с РСТ.

AT	Австрия	FI	Финляндия	MR	Мавритания
AU	Австралия	FR	Франция	MW	Малави
BB	Барбадос	GA	Габон	NE	Нигер
BE	Бельгия	GB	Великобритания	NL	Нидерланды
BF	Буркина Фасо	GN	Гвинея	NO	Норвегия
BG	Болгария	GR	Греция	NZ	Новая Зеландия
BJ	Бенин	HU	Венгрия	PL	Польша
BR	Бразилия	IE	Ирландия	PT	Португалия
CA	Канада	IT	Италия	RO	Румыния
CF	Центральнаяафриканская Республика	JP	Япония	RU	Российская Федерация
BY	Беларусь	KP	Корейская Народно-Демократическая Республика	SD	Судан
CG	Конго	KR	Корейская Республика	SE	Швеция
CH	Швейцария	KZ	Казахстан	SI	Словения
CI	Кот д'Ивуар	LI	Лихтенштейн	SK	Словакия
CM	Камерун	LK	Шри Ланка	SN	Сенегал
CN	Китай	LU	Люксембург	TD	Чад
CS	Чехословакия	LV	Латвия	TG	Того
CZ	Чешская Республика	MC	Монако	UA	Украина
DE	Германия	MG	Малагаскар	US	Соединенные Штаты Америки
DK	Дания	ML	Мали	UZ	Узбекистан
ES	Испания	MN	Монголия	VN	Вьетнам

МОЗАИЧНОЕ АДАПТИВНОЕ БИМОРФНОЕ ЗЕРКАЛО

ОБЛАСТЬ ТЕХНИКИ.

Изобретение относится к управляемой оптике и может быть использовано для статического и динамического управления волновым фронтом излучения в различных оптических приборах и системах, включая астрономические телескопы, промышленную лазерную технику, а также оптические системы наведения и сопровождения.

ПРЕДШЕСТВУЮЩИЙ УРОВЕНЬ ТЕХНИКИ.

Известно деформируемое биморфное зеркало (см. В.И.Бойков, П.В.Николаев, А.В.Смирнов. Функции отклика биморфного гибкого зеркала.- Оптико-механическая промышленность. 1989. N 10. с.10-13), содержащее отражающую пластину диаметром 60 мм. к тыльной поверхности которой присоединены 7 отдельных пьезопластин диаметром 18 мм. Недостатками данного биморфного зеркала являются:

1) неплотная упаковка пьезопластин на тыльной стороне отражающей пластины, приводящая к невозможности непосредственного влияния на ее деформации в промежутке между соседними пьезопластинами; 2) малая величина управляемых перемещений оптической поверхности; 3) низкая чувствительность (максимум 19.2 мкм/кВ); 4) высокая трудоемкость формирования оптической поверхности; 5) низкое качество и стабильность ее исходной формы. 6) низкая прочность и надежность зеркала.

Известно также охлаждаемое адаптивное биморфное зеркало (см., например, патент СССР N 1808159, МКИ H01S 3/02, 1989), содержащее корпус в виде стакана, охлаждаемую отражающую пластину, основную и дополнительную пьезоэлектрические пластины и имеющее 18 независимых управляющих электродов. Причем дополнительная пьезопластина, расположенная между отражающей пластиной и основной пьезокерамической пластиной и жестко соединенная с ними, используется независимо от основной пьезопластины, то есть ее управляющий электрод не имеет электрического контакта с другими электродами. Назначение этой дополнительной пьезопластины заключается в стабилизации реперной формы отражающей поверхности зеркала, уменьшении его электромеханического гистерезиса и, при определенных условиях, увеличении диапазона управляемых перемещений отражающей поверхности. При этом, деформации отражающей поверхности в данном биморфном зеркале, достигаются за счет создания при деформациях

каждой пьезопластины изгибающих моментов и их последующей суперпозиции: каждая пьезопластина деформируется в параллельном отражающей поверхности направлении за счет обратного поперечного пьезоэлектрического эффекта. Недостатками известного устройства являются: наличие
5 электрического потенциала на металлическом корпусе зеркала, малая амплитуда управляемых деформаций отражающей поверхности (максимум 11.2 мкм), низкая чувствительность (максимум 37.3 мкм/кВ), высокая трудоемкость формирования оптической поверхности, низкое качество и стабильность ее исходной формы, а также низкая прочность и надежность
10 зеркала.

Известно также деформируемое биморфное зеркало. (см. S.G.Lipson. E.N.Ribak. C.Schwartz. Bimorph deformable mirror design. - Proc. SPIE. 1994. vol.2201. p.703), содержащее отражающую пластину диаметром 100 ÷ 150 мм и пьезоэлектрический управляющий слой, сформированный на ее тыльной
15 поверхности в виде мозаики из 61 пьезоэлектрической пластины круглой или квадратной формы размером 100 ÷ 150 мм. Недостатками этого деформируемого биморфного зеркала являются: малая амплитуда управляемых деформаций отражающей поверхности, низкая чувствительность, высокая трудоемкость формирования оптической поверхности, низкое качество и стабильность ее исходной формы, а также низкая прочность и надежность
20 зеркала.

Наиболее близким к данному изобретению по существу и совокупности признаков является деформируемое зеркало, выбранное за прототип (см. Авторское свидетельство СССР N 1485180 G02B 5/10 от 27.06.1989).
25 содержащее корпус в виде стакана с крышкой и отражающей поверхностью на внешней стороне днища стакана, отдельные пьезоэлектрические элементы, расположенные в стакане, не выходя за пределы отражающей поверхности, внутри цилиндрических полостей, в центре каждой из которых находится выступ. При подаче электрического напряжения на пьезоэлемент он
30 изгибается, вследствие чего осуществляется деформация отражающей поверхности зеркала. При этом, выступ в центре полости играет роль промежуточного звена, через который развиваемое пьезоэлементом усилие при его изгибе прикладывается к тыльной стороне зеркальной пластины. Необходимо также заметить, что в данном деформируемом зеркале каждый
35 пьезоэлемент является фактически биморфным приводом. Недостатками

прототипа являются: 1) малая амплитуда управляемых деформаций отражающей поверхности (обусловленная весьма низкой активной жесткостью пьезоэлемента, т.е. малым усилием, развиваемым при его изгибе); 2) низкая чувствительность; 3) высокая трудоемкость изготовления самого зеркала (корпуса), его сборки (крепление и юстировка пьезоэлементов), а также формирования его оптической поверхности; 4) низкое качество и стабильностью исходной формы отражающей поверхности; 5) низкая прочность и надежность зеркала.

РАСКРЫТИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ.

10 Техническая задача, на решение которой направлено данное изобретение, заключается в увеличении амплитуды управляемых перемещений оптической (отражающей) поверхности деформируемых биморфных зеркал и
15 повышении их чувствительности. Кроме того, предлагаемая конструкция позволяет снизить трудоемкость изготовления, сборки и полировки зеркала, повысить качество и стабильность исходной формы его оптической поверхности, а также увеличить прочность и надежность зеркала.

Указанный технический результат достигается тем, что в мозаичном адаптивном биморфном зеркале, содержащем корпус в виде стакана с крышкой и отражающей поверхностью на внешней стороне дна стакана, отдельные
20 пьезоэлектрические элементы, расположенные в стакане, не выходя за пределы отражающей поверхности, каждый пьезоэлектрический элемент выполнен из последовательно закрепленных параллельно внутренней поверхности дна стакана по крайней мере двух пьезопластин со сплошными электродами на их противоположных сторонах, векторы поляризации смежных пьезопластин
25 каждого пьезоэлектрического элемента направлены в противоположные стороны, а их одноименные электроды электрически связаны между собой, при этом стакан выполнен в виде единой детали с дном переменной толщины, на средней части которого, имеющей большую толщину, выполнена отражающая поверхность. Кроме того, дно стакана может быть выполнено охлаждаемым, смежные пьезопластины по крайней мере одного
30 пьезоэлектрического элемента могут быть сопряжены между собой через общий для них электрод, а полость корпуса может быть заполнена эластичным герметиком.

Увеличение по сравнению с прототипом амплитуды управляемых
35 перемещений оптической поверхности мозаичного адаптивного биморфного

зеркала для каждого его пьезоэлемента в отдельности достигается за счет возрастания значения каждого локального изгибающего момента, возникающего в каждой локальной многослойной биморфной структуре, образованной данным пьезоэлементом и отражающей платиной. Это

5 происходит по следующим причинам:

1) благодаря наличию и последующему суммированию изгибающих моментов, возникающих в каждом пьезоэлектрическом элементе при использовании каждой дополнительной пьезопластины, что реализуется в

10 вследствие того, что каждый пьезоэлектрический элемент выполнен из последовательно закрепленных параллельно внутренней поверхности дна стакана по крайней мере двух пьезопластин со сплошными электродами на их противоположных сторонах или является многослойным;

2) за счет синхронных и синфазных (т.е., равных по величине и по знаку) деформаций пьезокерамических пластин в каждом пьезоэлектрическом

15 элементе, что реализуется в следствие того, что в каждом пьезоэлектрическом элементе все электроды пьезопластин выполнены сплошными, векторы поляризации смежных пьезопластин каждого пьезоэлектрического элемента направлены в противоположные стороны, а их одноименные электроды электрически связаны между собой.

20 Кроме того, увеличение по сравнению с прототипом амплитуды управляемых перемещений оптической поверхности мозаичного адаптивного биморфного зеркала для каждого его пьезоэлемента в отдельности достигается за счет снижения жесткости отражающей пластины (т.е., дна стакана) в ее периферийной части и, тем самым, реализации более эластичного

25 закрепления отражающей пластины, что обеспечивается в следствие того, что стакан выполнен в виде единой детали с дном переменной толщины, на средней части которого, имеющей большую толщину, выполнена отражающая поверхность.

Необходимо отметить, что первая из выше перечисленных причин имеет

30 место в одном из аналогов, а именно в охлаждаемом биморфном зеркале (см. патент СССР N 1808159). Действительно, при использовании в конструкции зеркала второй пьезопластины при ее деформации возникает добавочный изгибающий момент, который складывается с изгибающим моментом, возникающим при деформации первой пьезопластины. Однако, в этом случае

35 увеличения суммарного изгибающего момента, возникающего в двухслойной биморфной структуре (и, тем самым, увеличения амплитуды деформаций

отражающей поверхности) может и не происходить, поскольку при переходе от однослойного биморфного зеркала к двухслойному имеет место конкуренция трех факторов:

5 1) добавление к существующему изгибающему моменту дополнительного изгибающего момента за счет новой пьезопластины;

2) снижение по сравнению с однослойным зеркалом величины изгибающего момента, вызываемого деформациями первой пьезопластины, т.к. в двухслойном зеркале данному изгибающему моменту необходимо компенсировать противодействие не только со стороны отражающей пластины, но также противодействие со стороны второй (новой) пьезопластины;

10 3) добавление к существующему изгибающему моменту дополнительного изгибающего момента, возникающего в биморфной структуре "первая (старая) пьезопластина - вторая (новая) пьезопластина", т.е. за счет одновременных деформаций обеих пьезопластин.

Понятно, что, с точки зрения увеличения амплитуды управляемых перемещений оптической поверхности биморфного зеркала, первый из названных факторов является положительным, а второй - отрицательным. Действие третьего фактора оказывается положительным только в том случае, когда возникающий в биморфной структуре "первая пьезопластина - вторая пьезопластина" добавочный изгибающий момент совпадает по знаку с моментом, возникающим благодаря деформациям первой (старой) пьезопластины. А это, в свою очередь, возможно только тогда, когда деформации второй (новой) пьезопластины совпадают по знаку с деформациями первой (старой) и превосходят их по величине. Во всех остальных случаях действие третьего фактора является отрицательным, даже в том случае, когда деформации обеих пьезопластин совпадают по знаку, но отличаются друг от друга по величине.

Из вышеизложенного рассмотрения ясно, что при переходе от однослойного зеркала к двухслойному первые два фактора являются принципиальными, присутствующими всегда и, следовательно, второй фактор принципиально неустраним. Действие третьего фактора можно обратить на пользу дела, обеспечив при работе биморфного зеркала, чтобы в каждый момент времени управляющее напряжение на второй пьезопластине совпадало по знаку с напряжением на первой и превышало последнее по величине. Однако, все варианты подобного управления пьезопластинами в

двухслойном биморфном зеркале крайне неудобны. Действительно, во-первых, во всех подобных случаях необходимо иметь два электрически независимых управляющих канала. Во-вторых, значение управляющего напряжения на второй пьезопластине все время необходимо сравнивать с величиной
5 напряжения на первой пьезопластине, что весьма неудобно в динамическом режиме работы зеркала.

При переходе от двухслойного зеркала к трехслойному и далее к многослойному действие всех трех вышеперечисленных факторов усиливается, а именно:

10 1) добавка к существующему изгибающему моменту дополнительного изгибающего момента уменьшается с присоединением каждой новой пьезопластины, т.к. общая жесткость биморфной структуры все более возрастает;

15 2) снижаются значения изгибающих моментов, вызываемых деформациями всех уже имеющихся пьезопластин, а не только первой, т.к. в многослойном зеркале каждой имеющейся пьезопластине необходимо компенсировать противодействие со стороны отражающей пластины и со стороны всех остальных пьезопластин;

20 3) добавляются дополнительные изгибающие моменты, возникающие во всех биморфных структурах, образованных каждой парой смежных пьезопластин.

По аналогии с двухслойным биморфным зеркалом понятно, что в многослойном зеркале добиться вышеуказанного технического результата (т.е. увеличения амплитуды деформаций) за счет простого увеличения количества
25 пьезопластин не удастся. Кроме того, в многослойном зеркале добиться положительного действия третьего фактора (т.е. когда управляющее напряжение на всех пьезопластинах является однополярным, причем его величина для каждой последующей пластины больше, чем для предыдущей) еще сложнее, чем в двухслойном, и в динамике, практически, невозможно.
30 Поэтому, практически всегда третий фактор будет оказывать отрицательное воздействие на амплитуду деформаций.

Выход из сложившейся ситуации в предлагаемом изобретении заключается в устранении третьего фактора вообще, т.е. за счет того, что в каждом пьезоэлементе все соединения каждой пары смежных пьезопластин друг
35 с другом не являются биморфными. Последнее реализуется в том случае, когда для каждого пьезоэлемента любые две смежные пьезопластины

деформируются абсолютно одинаково или, иными словами, когда при прочих равных условиях на все пьезопластины одного пьезоэлемента подается одинаковое управляющее напряжение. Именно благодаря этому деформации всех пьезопластин одного пьезоэлемента являются синхронными и синфазными.

5 что, как отмечалось выше (см. п. 2 на с. 5), является второй причиной, приводящей к достижению указанного технического результата. При этом, соответствующим отличительным признаком является то, что в каждом пьезоэлектрическом элементе все электроды пьезопластин выполнены сплошными, векторы поляризации смежных пьезопластин каждого

10 пьезоэлектрического элемента направлены в противоположные стороны, а их одноименные электроды электрически связаны между собой. Таким образом, только сочетание данного отличительного признака с первым (что каждый пьезоэлектрический элемент выполнен из последовательно закрепленных параллельно внутренней поверхности дна стакана по крайней мере двух

15 пьезопластин со сплошными электродами на их противоположных сторонах или является многослойным) позволяет добиться в предлагаемом изобретении указанного технического результата для каждого отдельного пьезоэлектрического элемента по сравнению как с прототипом, так и с аналогами.

20 С другой стороны, необходимо отметить, что даже при устранении влияния третьего из рассмотренных факторов в каждом пьезоэлектрическом элементе по-прежнему имеет место конкуренция первых двух. Это обуславливает существование оптимального количества дополнительных пьезопластин в каждом пьезоэлектрическом элементе, с точки зрения

25 увеличения амплитуды управляемых деформаций для каждого пьезоэлектрического элемента. Т.е., добавление в пьезоэлемент каждой новой пьезопластины (даже при условии ориентации и соединения ее указанным нужным образом) приведет не к увеличению амплитуды деформаций для данного пьезоэлемента, а к ее уменьшению. Говоря другими словами,

30 дальнейшее увеличение количества пьезопластин в пьезоэлементе приведет к такому увеличению локальной жесткости данной локальной многослойной биморфной структуры, которое не позволит достичь указанного технического результата.

В данном изобретении предлагается следующий выход из этой ситуации.

35 а именно: увеличение локальных жесткостей каждой локальной многослойной биморфной структуры компенсируется, в различной степени, более эластичным

креплением отражающей пластины к корпусу зеркала по сравнению с прототипом и аналогами. Для этого оказывается достаточным понизить жесткость отражающей пластины (т.е., днища стакана) в ее периферийной части, что, как было отмечено выше (см. с. 5) является третьей причиной, приводящей к указанному техническому результату. При этом, соответствующим отличительным признаком является то, что стакан выполнен в виде единой детали с днищем переменной толщины, на средней части которого, имеющей большую толщину, выполнена отражающая поверхность.

Заметим, что снижение жесткости отражающей пластины в ее периферийной части (т.е. более эластичное ее закрепление) позволяет компенсировать увеличение именно каждой локальной жесткости каждой локальной многослойной биморфной структуры. Т.е., данное рассуждение справедливо именно для каждого пьезоэлектрического элемента мозаичного адаптивного биморфного зеркала, а не только для тех, которые расположены по его периферии. Это оказывается возможным благодаря тому, что функции отклика мозаичного адаптивного биморфного зеркала имеют существенно нелокальный характер. Т.е., при деформации любого пьезоэлектрического элемента (независимо от его расположения) происходит деформация всей отражающей поверхности зеркала, а не только той ее части, которая соответствует области расположения данного пьезоэлемента. Однако естественно, влияние третьего отличительного признака (т.е., что стакан выполнен в виде единой детали с днищем переменной толщины, на средней части которого, имеющей большую толщину, выполнена отражающая поверхность) на амплитуду деформаций отражающей поверхности будет более значительным для периферийных пьезоэлектрических элементов мозаичного зеркала. Это, в частности, допускает использование различного количества пьезопластин для периферийных и для внутренних пьезоэлементов данного зеркала. Очевидно, при прочих равных условиях для периферийных пьезоэлементов возможно использование большего количества пьезопластин (пьезослоев), чем для внутренних пьезоэлементов.

Отметим также, что использование в выбранном прототипе только третьего отличительного признака предлагаемого изобретения (т.е., что стакан выполнен в виде единой детали с днищем переменной толщины, на средней части которого, имеющей большую толщину, выполнена отражающая поверхность) с целью достижения указанного технического результата

(увеличения амплитуды деформаций отражающей поверхности) невозможно. Другими словами, использование только этого признака в прототипе не приведет к указанному техническому результату. Причина этого следующая: функции отклика зеркала-прототипа имеют локальный характер. Т.е. при деформации одного пьезоэлектрического элемента в этом зеркале происходит деформация его отражающей поверхности только в области расположения данного пьезоэлемента. Следовательно, амплитуда этих локальных деформаций определяется исключительно локальной жесткостью отражающей пластины в области данного пьезоэлемента. Причем характерный размер области деформации определяется не размером пьезоэлемента, а характерным размером выступа с тыльной стороны отражающей пластины, через который к последней прикладывается усилие, развиваемое при изгибе пьезоэлемента. Т.к. размер выступа существенно меньше размера пьезоэлемента, то понятно, что даже для периферийных пьезоэлементов зеркала-прототипа реализация более эластичного закрепления отражающей пластины никак не скажется на изменении локальной жесткости в области расположения этих пьезоэлементов (во всяком случае, в области расположения соответствующих выступов).

Таким образом, только сочетание всех указанных отличительных признаков позволяет добиться существенного гарантированного увеличения амплитуды управляемых перемещений оптической поверхности мозаичного адаптивного биморфного зеркала по сравнению как с прототипом, так и с аналогами, т.е. гарантированно получить существенный указанный выше технический результат. Необходимо заметить, что указанный технический результат (увеличение амплитуды деформаций) достигается как для каждого пьезоэлектрического элемента зеркала в отдельности, так и для всей совокупности пьезоэлементов, поскольку при одновременных деформациях нескольких (или всех) пьезоэлементов действует принцип суперпозиции.

* Другими словами, сочетание признаков, характеризующих выполнение корпуса и пьезоэлектрических элементов, позволяет снизить суммарную жесткость элемента, несущего отражающую поверхность, и пьезоэлектрических элементов, что позволяет значительно повысить амплитуду управляемых деформаций оптической поверхности зеркала. Хотя уже известно использование смежных пьезопластин с векторами поляризации, направленными в противоположные стороны (см. патент США N 4257686 кл. G02F 1/00). Но, только сочетание указанных признаков с признаками, характеризующими форму выполнения корпуса и расположение электродов.

позволяет привести в соответствие снижение массы элемента, несущего отражающую поверхность и пьезоэлектрические элементы, с суммарной жесткостью всех перечисленных элементов, т.е. достигнуть указанный выше технический результат.

5 Чувствительность биморфного зеркала есть отношение величины деформаций его оптической поверхности к приложенному управляющему напряжению. Поскольку управляющее напряжение не возрастает по сравнению с прототипом, то прямым следствием увеличения амплитуды управляемых перемещений для каждого пьезоэлектрического элемента в
10 отдельности и для всей совокупности пьезоэлементов является повышение общей (т.е. для всей совокупности пьезоэлементов) и локальной (т.е. для каждого пьезоэлемента в отдельности) чувствительности предлагаемого мозаичного биморфного зеркала. Если обеспечена минимально возможная толщина пьезоэлектрических пластин, составляющих каждую многослойную
15 биморфную структуру (каждый пьезоэлектрический элемент), а количество этих пьезопластин в каждом пьезоэлементе пропорционально увеличено, то повышение чувствительности мозаичного зеркала обеспечивается, ко всему прочему, за счет снижения управляющего напряжения.

Снижение трудоемкости изготовления предлагаемого мозаичного
20 биморфного зеркала достигается благодаря упрощению конструкции его корпуса по сравнению с прототипом, а именно за счет исключения из конструкции: 1) полостей, в которых расположены пьезоэлементы; 2) посадочных мест под эти пьезоэлементы; 3) выступов в полостях, через которые к тыльной стороне зеркальной пластины прикладывается усилие.

25 Снижение трудоемкости сборки предлагаемого мозаичного биморфного зеркала достигается благодаря упрощению закрепления пьезоэлектрических элементов в корпусе зеркала по сравнению с прототипом. Действительно, в предлагаемом изобретении пьезоэлектрические элементы в простейшем случае могут быть просто приклеены токопроводящим клеем к тыльной поверхности
30 зеркальной пластины. В то время как, в прототипе необходимо: 1) точно расположить пьезоэлементы в соответствующих полостях; 2) закрепить их в этих полостях по цилиндрической (периферийной) поверхности; 3) соединить каким-либо образом пьезоэлементы с выступами в центре полостей. Понятно, что все перечисленные операции являются гораздо более трудоемкими, чем
35 простое приклеивание пьезоэлементов к тыльной стороне зеркальной пластины. Кроме того, в предлагаемом изобретении существенно проще и удобнее

организовать подвод электрического напряжения к каждому пьезоэлектрическому элементу.

5 Снижение трудоемкости формирования (полировки) оптической поверхности мозаичного биморфного зеркала и повышение качества её исходной формы обеспечиваются благодаря тому, что стакан выполнен в виде единой детали с днищем переменной толщины, на средней части которого, имеющей большую толщину, выполнена отражающая поверхность. Непосредственными причинами, вытекающими из данного отличия предлагаемого изобретения, которые приводят к указанному результату, являются:

10 а) более однородный и равномерный контакт оптической поверхности зеркала при его полировке с обрабатывающим инструментом (полировальником);

б) исключение из процесса полировки периферии корпуса, т.е. стенок стакана со стороны его днища.

15 С целью расширения функциональных возможностей предлагаемого мозаичного зеркала, а именно для обеспечения возможности его работы в мощных оптических (лазерных) системах, отражающая пластина зеркала, т.е. днище его стакана-корпуса, может быть выполнено охлаждаемым.

20 Другим отличием мозаичного адаптивного биморфного зеркала является то, что, с целью увеличения простоты и удобства его конструкции, смежные пьезопластины по крайней мере одного пьезоэлектрического элемента зеркала сопряжены между собой через общий для них электрод. По сути дела, в данном случае вместо двух электродов двух различных смежных пьезопластин имеется один единственный электрод, расположенный в месте соединения этих пластин.

25 Следующим отличием предлагаемого изобретения является то, что, с целью снижения трудоемкости формирования оптической поверхности зеркала: повышения качества и стабильности её исходной формы, а также увеличения прочности и надежности зеркала, полость его корпуса заполнена эластичным герметиком. Снижение трудоемкости формирования оптической поверхности зеркала и повышение качества её исходной формы достигается благодаря демпфированию эластичным герметиком давления полировальника на отражающую пластину зеркала в процессе полировки последнего, за счет чего обеспечивается более однородный и равномерный контакт оптической поверхности зеркала с полировальником. Стабильность исходной отражающей поверхности зеркала, а также увеличение его прочности и надежности

достигаются благодаря демпфированию эластичным герметиком внешних ударных, вибрационных и иных нагрузок, действующих на корпус зеркала в процессе его эксплуатации. Надежность зеркала также повышается благодаря тому, что герметик защищает внутреннее устройство зеркала от
5 непосредственного повреждения. Помимо этого, использование эластичного герметика способствует возврату дна стакана в исходное положение.

КРАТКОЕ ОПИСАНИЕ ЧЕРТЕЖЕЙ.

Указанные цели и преимущества изобретения будут понятны из
нижеследующего описания конструкции и прилагаемых чертежей.

10 На фиг.1 показан схематичный разрез мозаичного адаптивного биморфного- зеркала в случае использования в каждом пьезоэлементе трех пьезоэлектрических пластин. На фиг.2 показан вид зеркала со стороны мозаичного управляющего пьезослоя для случая, когда последний образован 7 пьезоэлектрическими элементами.

15 ЛУЧШИЙ ВАРИАНТ ОСУЩЕСТВЛЕНИЯ ИЗОБРЕТЕНИЯ.

Мозаичное адаптивное биморфное зеркало состоит из корпуса 1 в виде
2 стакана с крышкой 2 и отражающей поверхностью (пластиной) 3.
электрических элементов в виде пьезокерамических пластин 4 с нанесенными
управляющими электродами 5, соединительных проводников 6, электрических
20 проводов 7, электрического разъема 8 и эластичного герметика 9. На фиг.1
стрелками показано направление исходной поляризации для каждой
пьезопластины. Соседние одноименные электроды для каждой пары
пьезопластин в каждом пьезоэлементе показаны одной сплошной линией.

Мозаичное адаптивное биморфное зеркало работает следующим
25 образом. Через электрический разъем 8, электрические провода 6,
соединительные проводники 5 и управляющие электроды 4 к каждой
пьезопластине 3 каждого пьезоэлектрического элемента прикладывается
управляющее напряжение. Понятно, что для различных пьезоэлементов это
напряжение может быть различным. За счет обратного поперечного
30 пьезоэлектрического эффекта все пьезопластины 4 будут деформироваться.
Причем эти деформации будут одинаковыми для всех пьезопластин 4 одного и
того же пьезоэлемента, в силу их выбранной ориентации и указанного
соединения электродов 5 (см. фиг.1). Иными словами, каждая локальная
трехслойная (и, следовательно, многослойная) пьезоструктура будет

деформироваться как единое целое, то есть как монолитная пьезопластина эквивалентной толщины. Таким образом, при выбранной ориентации пьезопластин 4 и указанном соединении их электродов 5 каждая локальная многослойная пьезоструктура (каждый пьезоэлемент) эквивалентна монолитной пьезопластине.

Имея это ввиду, легко понять, что каждое соединение "отражающая пластина 3 - локальная многослойная пьезоструктура (отдельный пьезоэлемент)" эквивалентно соединению двух монолитных пластин: отражающей и пьезокерамической. Такое соединение, как известно (см. напр., Kokorowski S.A. Analysis of adaptive optical elements made from piezoelectric bimorphs. - J. Opt. Soc. Am., 1979, v.69, N 1, p. 181-187), является полупассивной биморфной структурой. Следовательно, при подаче электрического напряжения на какую-либо локальную многослойную пьезоструктуру (т.е. на какой-либо отдельный пьезоэлемент) отражающая поверхность зеркала будет деформироваться определенным образом, а именно прогибаться с максимумом прогиба в месте крепления данного пьезоэлемента за счет возникновения локального изгибающего момента в данной локальной биморфной структуре. При этом, в соответствии с проведенным выше рассмотрением за счет сочетания всех указанных отличительных признаков описанное техническое решение обеспечивает гарантированное существенное увеличение амплитуды управляемых перемещений оптической поверхности зеркала как для каждого пьезоэлектрического элемента в отдельности, так и для всей их совокупности.

Поскольку чувствительность деформируемого зеркала есть отношение величины деформаций его отражающей поверхности к приложенному управляющему напряжению (для одного или для всех пьезоэлементов), то из приведенного рассмотрения ясно, что в предлагаемом мозаичном адаптивном биморфном зеркале сочетание всех отличительных признаков, характеризующих выполнение корпуса и пьезоэлектрических элементов, также обеспечивает гарантированное значительное увеличение чувствительности (как общей, так и локальной) по сравнению с известными аналогами и прототипом. Очевидно, в случае использования в локальных биморфных структурах (т.е. в отдельных пьезоэлементах) не трех, а более пьезоэлектрических пластин 4, а также в случае многослойных пьезоэлементов, все приведенные рассуждения сохраняют свою справедливость при условии ориентации всех пьезопластин 4.

соединения их электродов 5, выполнения корпуса 1 и отражающей пластины 3 указанным образом, см. фиг.1.

Необходимо отметить, что с целью обеспечения возможности работы предлагаемого зеркала в мощных оптических (лазерных) системах, отражающая 5 пластина (днище стакана) может быть выполнена охлаждаемой. Например, она может содержать каналы охлаждения для пропускания воды или любого иного хладагента, расположенные непосредственно под отражающей поверхностью зеркала. На прилагаемых чертежах данные каналы охлаждения не показаны.

10 Наибольшая простота и удобство конструкции предлагаемого изобретения достигаются в том случае, когда смежные пьезопластины отдельных пьезоэлементов сопряжены между собой через общий для них электрод. Действительно, в этом случае многослойные пьезоэлементы могут 15 быть образованы не простым соединением отдельных пьезопластин с нанесенными на обе стороны электродами, а, например, спеканием по платине тонких пьезоэлектрических пленок. При этом, сами пьезопленки не имеют управляющих электродов, а их роль играют платиновые прокладки. Кроме того, при спекании одновременно проводится термообработка пьезопленок, за 20 счет чего они превращаются в жесткие (но тонкие) пьезопластины. Таким образом, в итоге пьезопластины в многослойных пьезоэлементах оказываются сопряженными через общий для них электрод.

Выше уже были отмечены преимущества, которые обеспечивает использование эластичного герметика, заполняющего внутреннюю полость 25 корпуса зеркала. Остается добавить, что при заполнении жидким герметиком полости корпуса и его последующем высыхании происходит его адгезия к стенкам корпуса и поверхности пьезоэлемента. Таким образом, герметик играет роль своеобразной пружины, возвращающей отражающую пластину (днище стакана) в исходное состояние при любых нагрузках, действующих на нее в процессе изготовления или эксплуатации зеркала.

30 Немаловажным достоинством предлагаемого устройства мозаичного адаптивного биморфного зеркала является возможность уменьшения толщины отдельных пьезопластин 3 с целью понижения величины управляющего напряжения (без снижения амплитуды полезных деформаций отражающей поверхности) и, следовательно, еще большего повышения 35 чувствительности. Действительно, для существующих аналогов и прототипа толщина одной пьезопластины ограничена снизу, так как ее жесткость должна

быть достаточна для максимального изгиба отражающей пластины. В свою очередь, общая толщина биморфной структуры для аналогов также ограничена снизу (для прототипа, соответственно, существует ограничение на толщину зеркальной пластины), поскольку ее жесткость должна обеспечивать возможность оптического формообразования и полировки зеркала. Таким образом, для имеющихся аналогов и прототипа существует минимально допустимая толщина пьезопластины, при которой возможно создание эффективного деформируемого биморфного зеркала.

Из приведенного выше описания ясно, что для предлагаемого мозаичного адаптивного биморфного зеркала какого-либо ограничения минимальной толщины отдельных пьезопластин 4 не существует. Очевидно, в этом случае возможный недостаток жесткости каждой локальной пьезоструктуры (т.е. отдельного пьезоэлемента) легко компенсируется увеличением количества пьезоэлектрических пластин 4 в этих пьезоэлементах. Таким образом, предлагаемое устройство обеспечивает возможность создания низковольтных высокочувствительных многоканальных адаптивных биморфных зеркал с высокой амплитудой управляемых перемещений оптической поверхности.

ПРОМЫШЛЕННАЯ ПРИМЕНИМОСТЬ.

В заключение уместно отметить, что предлагаемое устройство, в том числе изображенное на чертежах, может быть реализовано на стандартном промышленном оборудовании с использованием известных материалов и технологических операций. Используемые в конструкции зеркала пьезоэлектрические пластины также являются стандартной промышленной продукцией.

По сравнению с адаптивными зеркалами, содержащими дискретные управляющие приводы (например, по сравнению с деформируемыми зеркалами французской фирмы Laserdot SAM52 и SAM249, содержащими, соответственно, 52 и 249 пьезопроводов, см. J.-P.Gaffard, P.Jagourel, P.Gigan. Adaptive Optics: Description of available components at Laserdot. - Proc. SPIE, 1994, Vol. 2201, p. 688-702), предложенное устройство при прочих равных условиях (характеристиках) обладает как минимум следующими преимуществами: значительно меньшими массой и габаритными размерами, существенно меньшей себестоимостью.

Практически предложенное изобретение может быть использовано в любых оптических системах для выполнения динамической коррекции (компенсации) фазовых искажений оптических пучков с высокой точностью. например в астрономических телескопах с целью повышения качества изображения удаленных световых источников (компенсации влияния земной турбулентности).

ФОРМУЛА ИЗОБРЕТЕНИЯ

1. Мозаичное адаптивное биморфное зеркало, содержащее корпус в виде стакана с крышкой и отражающей поверхностью на внешней стороне дна стакана, отдельные пьезоэлектрические элементы, расположенные в 5 стакане, не выходя за пределы отражающей поверхности, отличающееся тем, что каждый пьезоэлектрический элемент выполнен из последовательно закрепленных параллельно внутренней поверхности дна стакана по крайней мере двух пьезопластин со сплошными электродами на их противоположных 10 сторонах, векторы поляризации смежных пьезопластин каждого пьезоэлектрического элемента направлены в противоположные стороны, а их одноименные электроды электрически связаны между собой, при этом стакан выполнен в виде единой детали с дном переменной толщины, на средней части которого, имеющей большую толщину, выполнена отражающая поверхность.
- 15 2. Зеркало по п.1, отличающееся тем, что дно стакана выполнено охлаждаемым.
3. Зеркало по п.п. 1 или 2, отличающееся тем, что смежные пьезопластины по крайней мере одного пьезоэлектрического элемента сопряжены между собой через общий для них электрод.
- 20 4. Зеркало по любому из п.п. 1-3, отличающееся тем, что полость корпуса заполнена эластичным герметиком.

1/2

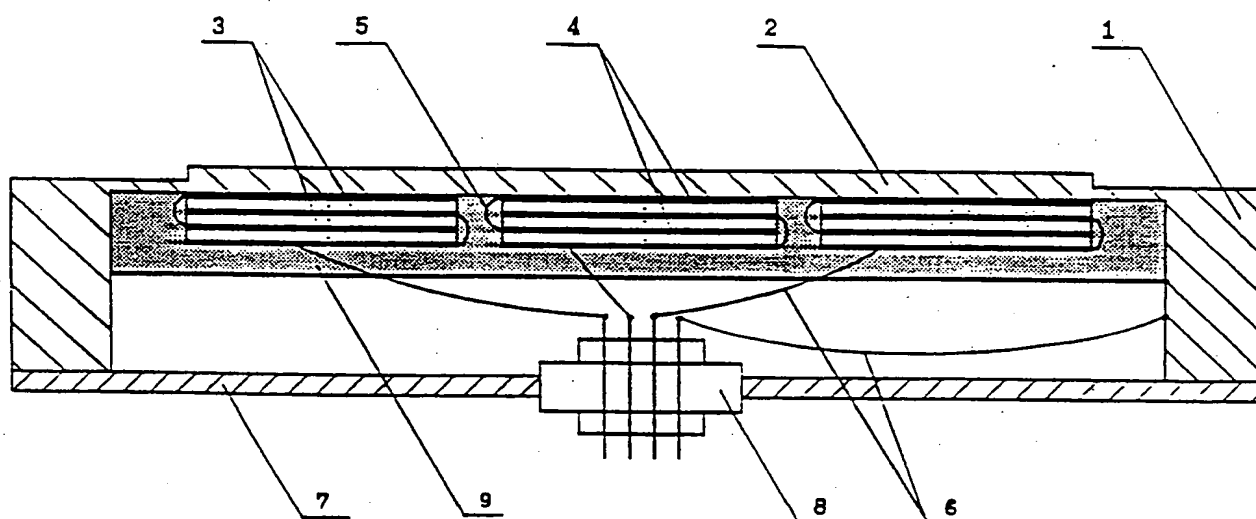


Fig. 1

2/2

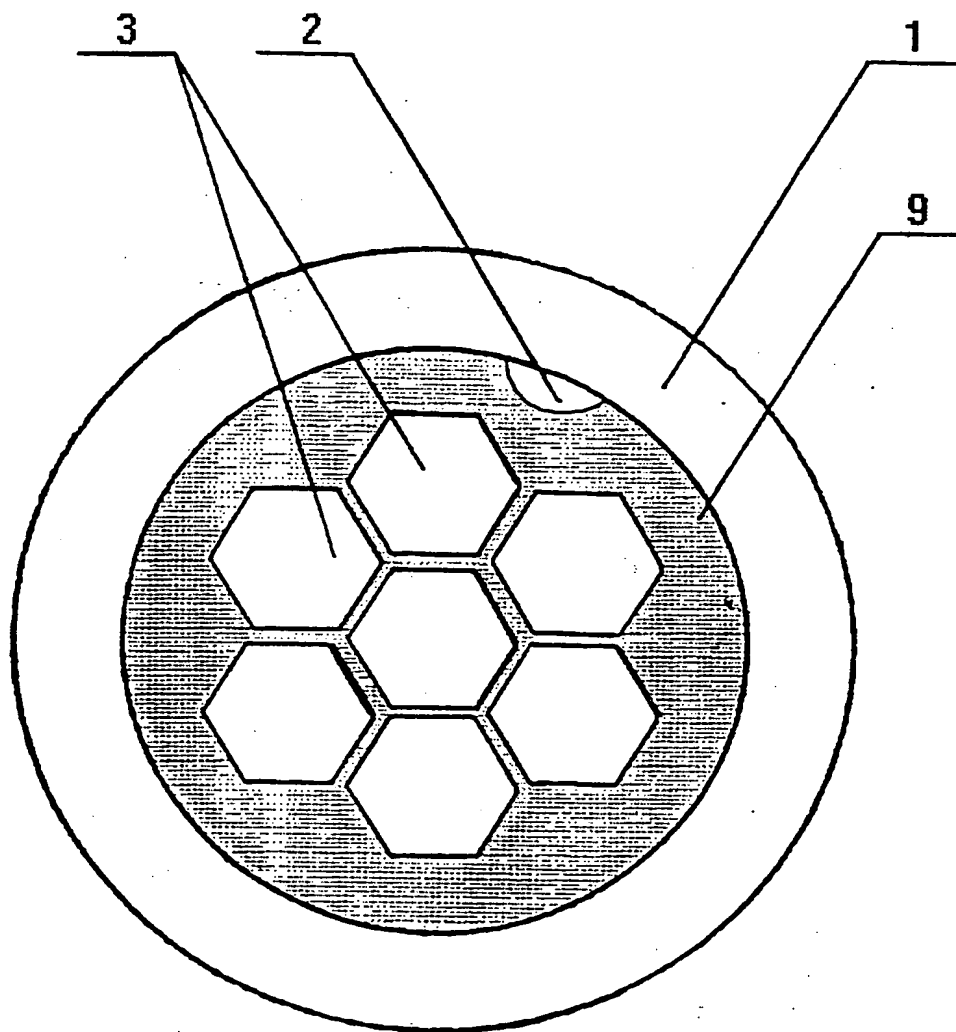


Fig. 2

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/RU 96/00114

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

IPC:6 G02B 5/10

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

IPC:6 G02B 5/08, 5/10, 7/18, 7/182, 7/185, 26/06, 26/08, G02F 1/29

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	US, A, 4298247 (QUANTEL S.A.), 03 November 1981 (03.11.81)	1, 3
A	US, A, 4589740 (OFFICE NATIONAL d'ETUDES et de RECHERCHE AERO-SPATIALES (ONERA)), 20 May 1986 (20.05.86)	2, 4, 6
A	US, A, 4674848 (ITEK CORPORATION), 23 January 1987 (23.01.87)	1 - 4
A	SU, A1, 1781662 (D.A.BEZUGLOV et al), 15 December 1992 (15.12.92)	1 - 4



Further documents are listed in the continuation of Box C.



See patent family annex.

- * Special categories of cited documents:
- "A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance
- "E" earlier document but published on or after the international filing date
- "L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)
- "O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means
- "P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

- "T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention
- "X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone
- "Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art
- "&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

26 June 1996 (26.06.96)

Date of mailing of the international search report

05 July 1996 (05.07.96)

Name and mailing address of the ISA/ RU

Authorized officer

Facsimile No.

Telephone No.

ОТЧЕТ О МЕЖДУНАРОДНОМ ПОИСКЕ

Международная заявка №

PCT/RU 96/00114

А. КЛАССИФИКАЦИЯ ПРЕДМЕТА ИЗОБРЕТЕНИЯ:

G02B 5/10

Согласно международной патентной классификации (МПК-6)

В. ОБЛАСТИ ПОИСКА:

Проверенный минимум документации (система классификации и индексы) МПК-6

G02B 5/08, 5/10, 7/18, 7/182, 7/185, 26/06, 26/08, G02F 1/29

Другая проверенная документация в той мере, в какой она включена в поисковые подборки:

Электронная база данных, использовавшаяся при поиске (название базы и, если возможно, поисковые термины):

С. ДОКУМЕНТЫ, СЧИТАЮЩИЕСЯ РЕЛЕВАНТНЫМИ

Категория	Ссылки на документы с указанием, где это возможно, релевантных частей	Относится к пункту №
A	US, A, 4298247 (QUANTEL S.A.) 03 ноября 1981 (03.11.81)	1,3
A	US, A, 4589740 (OFFICE NATIONAL d ETUDES et de RECHERCHE AERO-SPATIALES (ONERA)), 20 мая 1986 (20.05.86)	2,4,6
A	US, A, 4674848 (ITEK CORPORATION), 23 января 1987 (23.01.87)	1-4
A	SU, A1, 1781662 (Д.А.БЕЗУТЛОВ и др.), 15 декабря 1992 (15.12.92)	1-4

☐ последующие документы указаны в продолжении графы С.

☐ данные о патентах-аналогах указаны в приложении

* Особые категории ссылочных документов:

"А" документ, определяющий общий уровень техники

"Е" более ранний документ, но опубликованный на дату международной подачи или после нее

"О" документ, относящийся к устному раскрытию, экспонированию и т.д.

"Р" документ, опубликованный до даты международной подачи, но после даты испрашиваемого приоритета

"Т" более поздний документ, опубликованный после даты приоритета и приведенный для понимания изобретения

"Х" документ, имеющий наиболее близкое отношение к предмету поиска, порочащий новизну и изобретательский уровень

"У" документ, порочащий изобретательский уровень в сочетании с одним или несколькими документами той же категории

"&" документ, являющийся патентом-аналогом

Дата действительного завершения международного поиска
26 июня 1996 (26.06.96)

Дата отправки настоящего отчета о международном поиске
05 июля 1996 (05.07.96)

Наименование и адрес Международного поискового органа:
Всероссийский научно-исследовательский институт
институт государственной патентной экспертизы,
Россия, 121858, Москва, Бережковская наб., 30-1
Факс: 243-3337, телетайп: 114818 ПОДАЧА

Уполномоченное лицо:

Е.Андрейченко

Телефон №: (095)240-5888

Форма PCT/ISA/210 (второй лист) (июль 1992)